

# Measuring device for determining the positional accuracy of freely programmable manipulators

Patent Number: DE3526919

Publication date: 1986-01-02

Inventor(s): GRIEBEL ULRICH DIPL ING (DE)

Applicant(s): GRIEBEL ULRICH DIPL ING

Requested Patent:  [DE3526919](#)

Application Number: DE19853526919 19850725

Priority Number(s): DE19853526919 19850725

IPC Classification: G01B21/04; B23Q17/00; B25J9/10

EC Classification: [B25J9/10](#), [G01B21/04](#), [B25J9/16T5](#)

Equivalents:

---

## Abstract

---

Positional deviations of freely programmable manipulators such as, e.g. industrial robots, which are used for demanding manipulatory tasks can be compensated only if they are known in terms of magnitude and direction. The measuring device described permits determination of the positional accuracy of such units in all six degrees of freedom (position and orientation) during the execution of a preprogrammed movement by the manipulator. It is also possible to measure speeds and accelerations of the manipulator in the direction of the executed movement by means of a combination of measurements of distance and time. In addition, because of its measuring principle the measuring device described is eminently suitable for computer-aided recording and evaluation of measured values.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3526919 A1

(51) Int. Cl. 4:

G 01 B 21/04

B 23 Q 17/00

B 25 J 9/10

(21) Aktenzeichen: P 35 26 919.7  
(22) Anmeldetag: 25. 7. 85  
(23) Offenlegungstag: 2. 1. 86

3526919 A1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:

Griebel, Ulrich, Dipl.-Ing., 4950 Minden, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeräten

Positionsabweichungen von frei programmierbaren Handhabungsgeräten, wie z. B. Industrierobotern, die für anspruchsvolle Handhabungsaufgaben eingesetzt werden, können nur dann kompensiert werden, wenn sie der Größe und Richtung nach bekannt sind. Die beschriebene Meßeinrichtung erlaubt eine Bestimmung der Positioniergenauigkeit solcher Geräte in allen sechs Freiheitsgraden (Position und Orientierung) während der Ausführung einer vorprogrammierten Bewegung durch das Handhabungsgerät. Auch Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Handhabungsgerätes in Richtung der ausgeführten Bewegung können mittels einer Kombination von Abstands- und Zeitmessung erfaßt werden.

Darüber hinaus eignet sich die beschriebene Meßeinrichtung aufgrund ihres Meßprinzips in vorzüglicher Weise für computerunterstützte Meßwertaufzeichnung und Auswertung.

DE 3526919 A1

DE 3526919 A1

3526919

Patentansprueche:

1. Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeräten in Position und Orientierung während der Ausführung einer vorprogrammierten Bewegung durch das Handhabungsgerät,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass sechs voneinander unabhängige Messsignale durch sechs in geeigneter Anordnung befindliche Messwertaufnehmer aufgezeichnet werden, die von dem zu vermessenden Handhabungsgerät relativ zu einer Schablone bewegt werden, welche die Idealkontur der gewünschten Bewegung verkörpert.  
10  
15
2. Messeinrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass eine Information über die Positionskoordinate in Richtung der ausgeführten Bewegung dadurch gewonnen wird, dass durch einen geeigneten Sensor Messimpulse ausgelöst werden für Zeitmessungen zwischen jeweils zwei aufeinander folgende Markierungen, die in regelmässigen Abständen auf der Schablone angeordnet sind; mit Kenntnis der gemessenen Zeitintervalle können Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in Richtung der ausgeführten Bewegung berechnet werden.  
20  
25

Beschreibung

2  
x-

**MESSEINRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER POSITIONIERGENAUIGKEIT VON  
5 FREI PROGRAMMIERBAREN HANDHABUNGSGERAETEN.**

Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeräten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10 Fuer zunehmend anspruchsvollere Einsatzaufgaben frei programmierbarer Handhabungsgeräte wie z. B. Industrieroboter ist eine genaue Kenntnis ihres Positionierverhaltens im dreidimensionalen Raum von entscheidender Bedeutung. Dies gilt 15 insbesondere fuer solche Anwendungen, die präzise geradlinige Bewegungen der Handhabungsgegenstände (Greifer, Werkzeuge, Bauteile) erfordern, z. B. beim Lichtbogenschweißen, Jet Cutting, Laser-Handhabung oder Fügen und Montage. Eine vollständige Beschreibung der Position eines Gegenstandes im 20 dreidimensionalen Raum liegt vor, wenn die Positionskoordinaten und die Orientierungswinkel dieses Gegenstandes bekannt sind (sechs Freiheitsgrade).

25 Messanordnungen, die sowohl Position wie Orientierung eines Handhabungsgerätes erfassen, sind bekannt fuer die Bestimmung der Positioniergenauigkeit und Wiederholgenauigkeit in einzelnen, diskreten Positionen. Messanordnungen hingegen, die auch fuer in Bewegung befindliche Handhabungsgeräte zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit geeignet sind, erfassen ueblicherweise weniger als sechs Messkoordinaten, die zur Positionsbestimmung herangezogen werden koennen (Warnecke, H.J., Schraft, R.D.: Industrial Robots: Application Experience, 1982 I.F.S. Publications Ltd., S. 63-92 ; Deutsche Ausgabe: Industrieroboter, Krausskopf Verlag GmbH, Mainz 1979).

35 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Positioniergenauigkeit frei programmierbarer Handhabungsgeräte in allen sechs Freiheitsgraden (Position und Orientierung) während der Ausführung einer vorprogrammierten Bewegung zu erfassen.  
40 Diese Aufgabe wird erfindungsmaessig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.  
Eine Teilaufgabe dabei ist die Erfassung der Positionskoordinate in Richtung der ausgeführten Bewegung, die insbesondere bei grossräumigen Bewegungen nur schwer zu ermitteln ist.  
45 Diese Aufgabe wird erfindungsmaessig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 2 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass dem Anwender eines frei programmierbaren Handhabungsgerätes 50 mittels der hier beschriebenen Messeinrichtung eine detaillierte Kenntnis des Positionierverhaltens in allen sechs Freiheitsgraden vermittelt werden kann, die wichtige Aufschluesse

ueber Moeglichkeiten und Grenzen dieses Handhabungsgeraetes zulaesst, bevor eine Einsatzentscheidung getroffen werden muss.

Naturgemaess muessen waehrend eines Testlaufes eine grosse Anzahl von Messwerten in schneller Folge abgelesen und gespeichert werden, wenn statistisch zuverlaessige Testergebnisse gefordert sind. Eine wirkungsvolle Aufzeichnungsmethode ist deshalb praktisch nicht zu verwirklichen, ohne sich der Hilfe von Computern zu bedienen. Deshalb ist als weiterer Vorteil zu betrachten, dass sich die beschriebene Messeinrichtung in vorzueglicher Weise fuer computerunterstuetzte Messwertaufnahme und Auswertung eignet. So kann beispielsweise der durch die Markierungen auf der Schablone hervorgerufene Messimpuls gemaess Anspruch 2 nicht nur fuer Zeitmessungen genutzt werden, sondern gleichzeitig auch zum Triggern der Messwertuebergabe der uebrigen Messwertaufnehmer. Bei dieser Vorgehensweise werden die zugeordneten Messwerte verschiedener Testlaeufe grundsatzlich an demselben Messort aufgezeichnet, gegeben durch die Position der jeweiligen Markierung auf der Schablone. Eine Abhaengigkeit des Messortes von Schwankungen in der Bewegungsgeschwindigkeit des Handhabungsgeraetes wird somit weitgehend ausgeschaltet.

Ein Ausfuehrungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 dargestellt und wird im folgenden naeher beschrieben.

Bei der ausgefuehrten Messeinrichtung nach Fig. 1 werden als 5 Messwertaufnehmer fuenf induktive, analoge Abstandsmesser und ein digitaler Infrarot-Sensor verwendet, montiert in einem integrierten Messkopf. Drei der induktiven Abstandsmesser ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) sind in einer Ebene des Messkopfes angeordnet fuer die Ermittlung der X-Koordinate und der Winkel  $\beta$  und  $\gamma$ , die 10 uebrigen beiden ( $Y_1$ ,  $Y_2$ ) sind in einer zweiten Ebene rechtwinklig zur ersten angeordnet fuer die Ermittlung der Y-Koordinate und des Winkels  $\alpha$ . Als Referenzschablone dient ein U-Stahl, dessen Seiten exakt geradlinig und rechtwinklig zu einander geschliffen sind. Als optische Markierung dient ein 15 Aluminiumstreifen, der auf dem U-Stahl montiert ist und eine Vielzahl von in gleichen Abstaenden eingefraesten Nuten aufweist.

Wird nun der Messkopf, angeflanscht an das zu untersuchende 20 Handhabungsgeraet, in etwa gleichbleibendem Abstand ueber die Schablone gefuehrt (wobei maximaler und minimaler Abstand durch den Messbereich der induktiven Abstandsmesser bestimmt werden), schaltet das Ausgangssignal des Infrarot-Sensors bei jedem Passieren einer Nutkante von 'High' zu 'Low' oder umgekehrt. Wird die Zeitspanne zwischen jedem Wechsel gemessen und aufgezeichnet, koennen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen 25 in Richtung der Z-Koordinate leicht berechnet werden, da Nutenabstand und Nutenweite ( $\Delta Z$ ) bekannt sind. Das gleiche Signal wird weiterhin dazu verwendet, die Uebergabe der 30 induktiv erfassten Abstandsmesswerte zu triggern und jeweils drei  $\Delta X$ -Werte und zwei  $\Delta Y$ -Werte aufzuzeichnen.

Infolge der rechtwinkligen Anordnung der Messwertaufnehmer 35 koennen die aufgezeichneten Relativwerte leicht in die Koordinaten des ortsfesten X, Y, Z,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - Koordinatensystems, transformiert werden, das mit der Referenzschablone verbunden ist.

(Ein prototypisches Messsystem, das nach dem hier beschriebenem 40 Prinzip verwirklicht worden ist, hat die folgenden Kenndaten: Nutzbare Messlaenge des U-Stahls 1000 mm, Nutabstand 2,5 mm, Nutweite 1,25 mm, Abstandsbereich der induktiven Messwertaufnehmer 2 mm bis 10 mm, maximale Bewegungsgeschwindigkeit des Messkopfes 1000 mm/sec., Aufloesung des A/D-Wandlers 0,01 mm. 45 Messwertaufnahme und Auswertung werden durch einen handelsueblichen Micro-Computer ausgefuehrt, der zu diesem Zweck mit einem geeigneten Data-Acquisition-Board ausgestattet ist.)

3526919

- 5 -

Nummer: 35 26 919  
Int. Cl. 4: G 01 B 21/04  
Anmeldetag: 25. Juli 1985  
Offenlegungstag: 2. Januar 1986

Fig. 1: Prinzipskizze der Messeinrichtung

